

VERTIDOS DIRECTOS DE AGUAS RESIDUALES EN EL MAR

ESTUDIO DE UN CASO CONCRETO Y DEDUCCION DE ALGUNAS CONCLUSIONES GENERALES

Por FERNANDO JOSA Y CASTELLS

Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos.

El presente artículo no tiene más objeto que el de dar a conocer los resultados parciales obtenidos de un continuo y sistemático estudio de la contaminación de las aguas del mar en un caso concreto, pero que por su importancia cuantitativa y por la intensidad con que han sido efectuados los trabajos puede servir en gran parte para prever los resultados que se pueden obtener en casos análogos. Como ya se ha indicado, los resultados que se presentan son parciales, puesto que los estudios están en curso.

Descripción del caso concreto.

Una parte de la ciudad de Barcelona, en cuanto a este estudio se refiere, constituye una aglomeración de un millón de habitantes que desagua sus efluentes directamente en el mar, a través de las playas, por medio de varios emisarios, de los cuales los principales son los siguientes (ver plano en Anexo 1):

N.º en el Plano	Emisario	Tipo de efluente	Caudal aproximado en tiempo seco
1	Llacuna.	Industrial.	650 litros/seg.
2	Bogatell.	Domiciliario	3 500 »
3	Maquinista.	Mixto.	350 /
4	Antepuerto.	Domiciliario	
5	Sans.	Domiciliario	

Las aguas vertidas ensucian las del mar, formando unas manchas bien delimitadas. En tiempo seco y de calma, las manchas pueden ser individuales para cada emisario. Muy corrientemente los emisarios 1, 2 y 3 forman una sola mancha, y el Puerto, con los 4 y 5 forman otra mancha que se une a la del desagüe del río Llobregat: El río Llobregat descarga un caudal continuo, pero muy escaso en tiempo seco. El río Besós no lleva caudal nada más que en caso de grandes lluvias o persistentes en su cuenca.

En casos de mar agitada que renueva los fondos o cuando bajan fuertes caudales en los ríos, se forma una mancha única con borde paralelo a la playa, a distancias de ella que oscilan normalmente de 500 a 3.000 metros.

En épocas de baños existen bañistas dispersos a lo largo de todas las playas, pero en la zona señalada en el plano existe una zona balnearia con gran concentración de bañistas.

El problema de la contaminación, en su aspecto estético, ha sido objeto de frecuentes protestas y, efectivamente, hay ocasiones en que las aguas del mar en la zona B adquieren un aspecto muy desagradable. No obstante, la gente se sigue bañando y nunca se ha podido relacionar ningún caso de tifoidea con baños tomados en esta zona. En cambio, se han producido irritaciones en los ojos y oídos por infección producida durante el baño.

Planteamiento del problema.

El estado de cosas producido por los desagües se ha intentado resolver en dos ocasiones (1930 y 1936) a base de la construcción de estaciones de tratamiento; pero las conmociones políticas de ambos momentos dieron al traste con los proyectos. En ninguno de los casos citados se contaba con emisarios submarinos para alejar los efluentes, limitándose a efectuar un tratamiento vertiendo el efluente en la propia playa.

La evolución y la experiencia adquirida en otras partes por la técnica de los vertidos en el mar a base de emisarios submarinos, ha hecho que al plantearse de nuevo el problema se contara ya con este elemento esencial, cualquiera que sea el grado de tratamiento que se prevea dar a las aguas residuales.

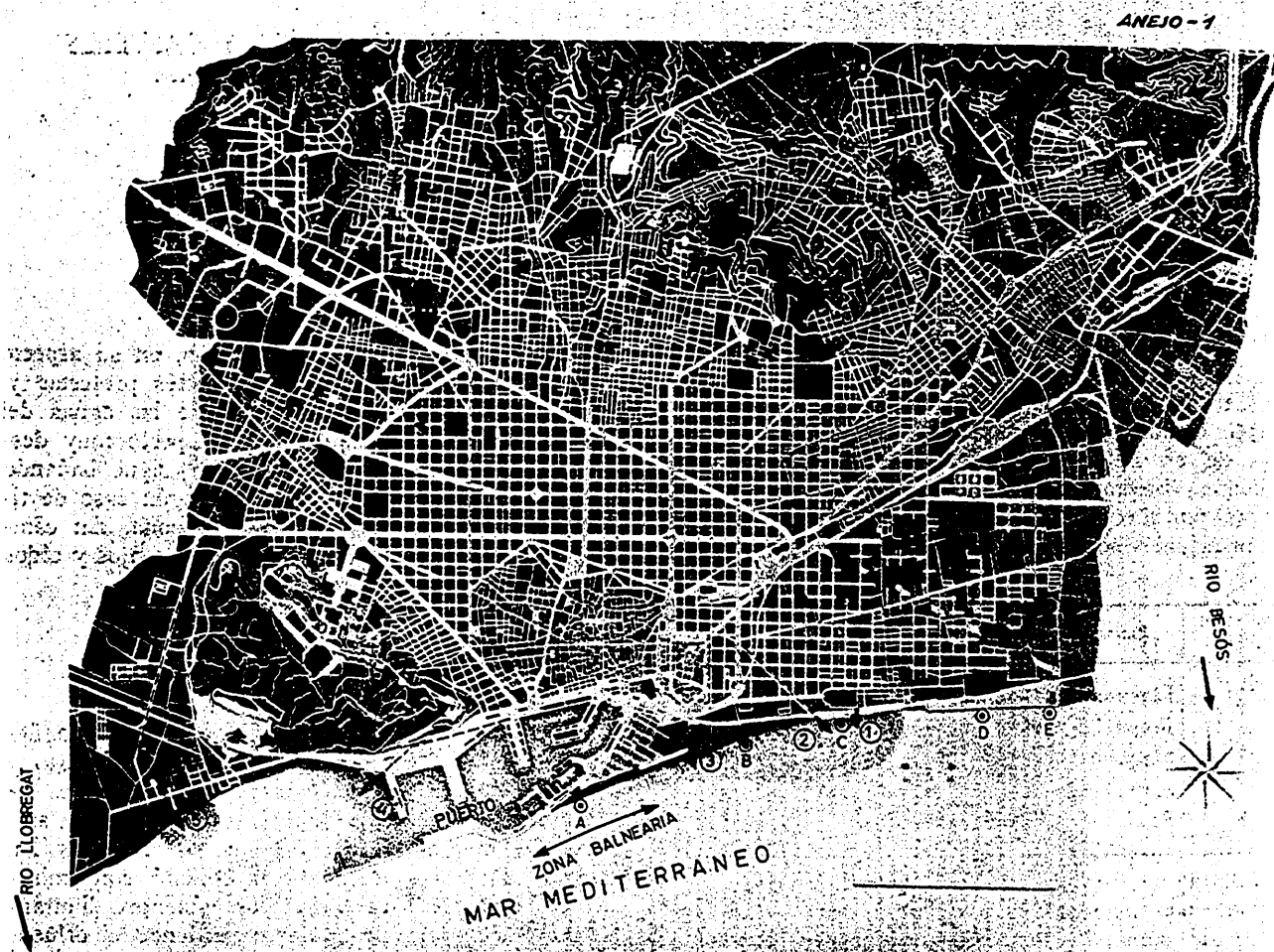
De todas maneras, para acometer cualquier solución se precisa: 1.º, un conocimiento real del estado de contaminación existente, y 2.º, un conocimiento lo más exacto posible de las características del mar en la zona que ha de recibir los efluentes.

Lo primero, el conocimiento del estado de la contaminación tiene además de su valor intrínseco el de poder comparar a posteriori cuando se hayan introducido las mejoras. Lo segundo, el conocimiento de las características propias de la masa re-

ceptora ha de permitir ordenar los desagües en forma conveniente y eficaz, evitando pasos en falso o de escasa efectividad.

La solución del problema corresponde y afecta a numerosos organismos de la Administración Pública, particularmente al Ayuntamiento de Barcelona. Sin embargo, ninguno de ellos tiene en la

plan de trabajos a realizar. Es esencial, pues, tener en cuenta que no se van a ofrecer realizaciones de obras ejecutadas, ni siquiera se deducirán soluciones a adoptar. A pesar de ello es imposible inhibirse totalmente de las posibles soluciones: Tal es el caso de los emisarios submarinos, para los cuales se ha precisado elegir sendos trazados en cada una de



actualidad ninguna previsión concreta para resolver la cuestión. Y como es bien sabido que estos problemas graves tienen un momento de crisis en los que se pretenden conclusiones y realizaciones inmediatas, que son imposible de conseguir sin una larga y abundante recopilación de datos que permita un análisis bien fundamentado, es por lo que un equipo de técnicos especialistas se ha hecho cargo de esta labor previa.

Limitaciones impuestas al estudio.

Lo expuesto anteriormente señala bien claro cuál es el propósito del estudio y cuál puede ser el

las dos zonas principales afectadas, que son, respectivamente, la zona Este, comprendida entre el puerto y el río Besós y la zona Oeste, comprendida entre el puerto y el río Llobregat.

Otra limitación la impone la localización del problema a la costa, comprendida entre los ríos Besós y Llobregat. En efecto, una extrapolación de los estudios a una zona más extensa hubiera dado resultados más generales, pero éstos no hubieran servido de base a la resolución del problema de que se trataba. La contaminación, las corrientes, los vientos, etc., que afectan a los desagües actuales y habrán de afectar a los futuros, no dependen de las características generales de la zona (corrientes ge-

nerales, vientos reinantes y dominantes, transgresiones y otros movimientos generales de masas, etcétera), sino de circunstancias puramente locales que, local y temporalmente, alteran las de tipo general.

Finalmente, existe otra limitación que se refiere al tiempo: Estos estudios no se pueden dar por terminados, iniciados en la segunda mitad del año 1958 con escasos medios, los métodos y el utillaje se han ido perfeccionando. Algunos datos tomados con medios imperfectos pueden haber dado resultados que haya que corregir en el futuro al conseguir material más preciso, tal es el caso concreto de las determinaciones de salinidad y temperatura, para las que existen oscilaciones demasiado pequeñas para que las diferencias puedan aceptarse como exactas.

Programa de las investigaciones.

El programa de las investigaciones se deduce inmediatamente de la misión que asumió el equipo que tomó a su cargo este estudio. En realidad, una gran parte de los trabajos a efectuar servían indistintamente como base a los dos fines perseguidos, es decir, proporcionaban simultáneamente datos de la situación actual y de las características del medio receptor; por ello, si bien en las conclusiones se descrimen ambos extremos, el Plan ha sido unitario y ha comprendido los siguientes apartados:

I. Estudio de la contaminación.

- a) Colimetría.
- b) Gérmenes en general.
- c) Otros índices, como la salinidad, temperatura, etc.

II. Características del medio marino receptor.

- a) Circulación general.
- b) Corrientes: Superficies superficiales laminares.
Superficiales.
Subsuperficiales.
Profundas.
- c) Distribución de las temperaturas.
- d) Distribución de la salinidad.
- e) Influencia del viento en las corrientes.

III. Dispersión y distribución de la contaminación.

- a) Distribución de la contaminación en profundidad.
- b) Distribución de la contaminación en planta.
- c) Estudios de viabilidad bacteriana.

Medios naturales para efectuar la toma de datos y los análisis.

Los medios materiales de que se ha dispuesto han sido los siguientes:

a) Una embarcación de 6 m. de eslora con un motor diesel de 8 C.V., equipada con una plataforma de maniobra para depositar las botellas estériles para las tomas de muestra, los flotadores, etc., y un frigorífico de hielo para depositar las botellas con las muestras tomadas. La dotación está formada por un jefe que dirige las operaciones sin salir siempre a la mar, un patrón y un marinero con equipo de bucear sin escafandra autónoma.

b) Equipo de mar constituido por un compás, unos prismáticos, un sextante (si bien, en general, se precisan mejor los puntos por intersección de simples alineaciones de puntos conocidos de tierra), una sonda para descender la botellas a profundidad (con taponado dirigido desde la superficie), un termómetro de máxima y mínima sumergido, un termómetro con transmisión eléctrica para lectura desde la embarcación y un enemómetro de mano.

c) Botellas estériles para toma de muestras a analizar bacteriológica y químicamente: botellas para la determinación de la DBO. Las series de botellas de cada salida se guardan y transportan en cajas refrigeradas apropiadas.

Sobres de plástico con tarjeta para el estudio de corrientes superficiales laminares.

Botellas lastradas con una banderola en el tapón para el estudio de corrientes de la capa superficial.

Flotadores con banderola y un hilo de nylon del que cuelga una cruceta de aluminio para el estudio de corrientes profundas.

d) Un coche ligero para el transporte rápido de las botellas al laboratorio y para el transporte de personal y muestras por tierra cuando éstas se toman en los emisarios.

e) Equipo completo del Laboratorio Municipal con elementos aportados con cargo a estos trabajos.

Ejecución de los trabajos.

Los trabajos iniciados a mitad del año 1958 han consistido hasta ahora en lo siguiente: Se ha salido al mar dos o tres veces por semana. Cuando se trata de toma de muestras de agua a analizar se sacan cinco botellas, que es el número de los análisis que el Laboratorio puede efectuar dentro de su programa normal. Al salir para estudio de corrientes se eligen uno o dos puntos fijos (a 1, 2, 3, 4 y 5 kilómetros de la playa) del trazado del emisario submarino; se lanzan un par de sobres con tarjeta en cada uno anotando el número, el lugar, la hora y la fecha. Se deja un flotador en el punto o puntos elegidos y se comienza su persecución, tomando el itinerario en función del tiempo. En días de bonanza es posible seguir más de uno, trasladándose con la embarcación de uno a otro.

Una vez al mes se toman muestras cada dos horas en los propios emisarios.

El estudio de la contaminación se ha basado principalmente en el conteo de bacilos Coli presuntivos. En diferentes estudios de investigación se ha intentado detectar la contaminación por otros índices, tales como el B. Coli fecal, otros gérmenes, la salinidad, etc., pero si bien ayudan en ciertos casos a interpretar algún resultado, no han podido adoptarse como método sistemático.

El hecho de que el vertido se efectúe directamente sobre la playa hace que la distribución de la contaminación no se produzca en forma similar a como ocurre cuando existen emisarios submarinos. En estos últimos se forma normalmente una mancha superficial que sólo deforman los movimientos del agua y las diferencias de densidad. En los vertidos en playa, a los anteriores efectos se une el efecto de borde y el ataque frontal del oleaje produciendo resultados totalmente distintos. Para conocer los factores que influyen en la distribución de la contaminación se han hecho las siguientes series de estudios:

Distribución de la contaminación próxima a la playa en función de su alejamiento al punto de vertido.

Distribución de la contaminación perpendicularmente a la playa.

Distribución de la contaminación en profundidad.

Relación entre la contaminación y la salinidad.

Influencia de la contaminación de la mancha en las zonas contiguas de mar limpia.

Itinerarios de las corrientes locales: superficiales y profundas.

Influencia de las corrientes generales y de los vientos en las corrientes locales.

Observación sobre los resultados.

Los trabajos de investigación efectuados tienen por misión principal la fijación de los datos que en su día puedan servir para resolver el problema sanitario del mar y las playas contiguas a la ciudad. Muchos de los resultados obtenidos tienen interés puramente local, pero otros muchos se han obtenido de tal forma que pueden adoptarse como criterios generales y, por consiguiente, ser utilizados en estudios de casos análogos. Así, pues, si bien como se ha indicado anteriormente se pretende dar a conocer con ella los trabajos llevados a cabo, su segundo objeto, indudablemente más importante, es el de dar resultados que puedan ser de utilidad a otros que se encuentren con problemas análogos, ahorrándose trabajos innecesarios.

Resultados y conclusiones.

Los resultados y conclusiones que figuran a continuación corresponden al caso más general de un

vertido directo sin circunstancias anormales que puedan alterarlo. Por consiguiente, se supone, como es el caso estudiado, que:

a) El vertido se efectúa directamente en una playa sin interferencia de ninguna instalación de mejora del efluente ni de distribución en el medio receptor.

b) No existen en el medio receptor fenómenos oscilatorios de gran amplitud del tipo de las mareas.

c) Los fenómenos no se encuentran interferidos por ningún otro desagüe importante del tipo de un estuario.

d) Las corrientes generales en el medio receptor son moderadas comparadas con las corrientes locales, de tal modo que la influencia de éstas pueda quedar prácticamente anulada por aquéllas.

e) Tampoco existen fuertes vientos reinantes que, como en el caso d), influyen decisivamente sobre los demás factores.

En estas condiciones podemos afirmar que en nuestro caso y probablemente en cualquier otro análogo:

I. En efecto, de borde tiene una gran influencia. Las aguas vertidas se adhieren a la playa y no se despegan de ella. En una mar en calma y sin corrientes, la mancha visible que forma el núcleo de la contaminación toma una forma semicircular. Las corrientes normales, paralelas a la playa, distorsionan la mancha dejando bien definido el límite de barlovanto y alargando paralelamente a la playa el de sotavento, dando lugar a una forma semioval con la ojiva hacia sotavento. Corrientes más intensas alargan la mancha produciendo una línea límite paralela a la playa, desapareciendo el límite de sotavento que queda sustituido por un difuminado de la mancha visible y de la contaminación hasta desaparecer prácticamente ambas.

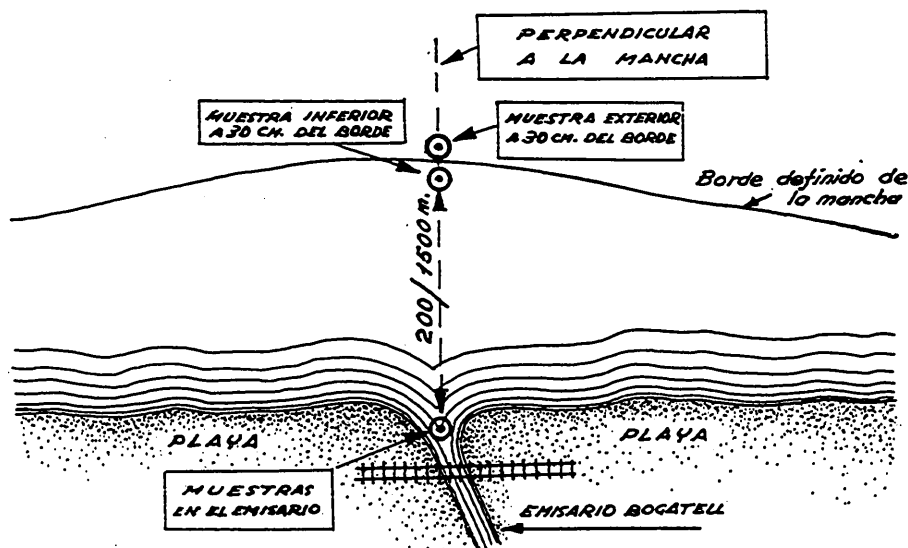
No es posible calcular anchuras ni alcances de la mancha, a causa de que los factores que la producen nunca son puros. El único camino para poder hacer una previsión es el método estadístico a base de numerosas observaciones previas.

Cuando los movimientos de la masa de agua son múltiples, del tipo de corrientes superficiales perpendiculares a la playa con otras compensadoras de fondo (revasas, desagües sucesivos importantes contiguos, etc.), el efecto producido es el de crear una mancha general con límite exterior paralelo a la playa y distanciado de ella entre 200 y 1.500 m. para clima y orografía del tipo del Levante español. La distancia depende, naturalmente, del caudal total vertido.

II. El fenómeno del vertido, sin influencias extrañas, se comporta como si inmediatamente después del desagüe se produjera una dilución que luego actúa con características propias. Debido al ataque frontal de las aguas del emisario contra las del medio receptor, aquéllas reducen su concentración y

CONTAMINACION EN EL EMISARIO DEL BOGATELL Y EN LOS BORDES INTERIOR Y EXTERIOR
DE LA MANCHA (DATOS DEL AÑO 1958) (BACILOS COLI EN 1 CM. CUBICO)

ESQUEMA DE LOCALIZACION DE LOS PUNTOS EN QUE SE TOMARON
LAS MUESTRAS



COLIMETRIA DE LAS MUESTRAS

Número	Fecha del ensayo	Emisario	BORDE	
			Interior	Exterior
1	11-VII -58	3.000.000	28.000	2.800
2	15-VII -58	1.400.000	12.000	20
4	29-VII -58	2.220.000	2.200.000	19.000
5	1-VIII-58	1.100.000	4.800	3.000
6	4-VIII-58	8.750.000	8.760	0
7	7-VIII-58	1.480.000	3.500	0
8	12-VIII-58	2.712.000	18.800	6.400
9	19-VIII-58	4.060.000	18.400	0
10	22-VIII-58	3.700.000	193	8
11	26-VIII-58	3.870.000	19.600	16.900
13	2- IX -58	2.700.000	355.000	1.700
15	9- IX -58	14.600	1.830	1.099
16	12- IX -58	1.760.000	28.100	1.660
17	16- IX -58	2.400.000	91.000	0
18	19- IX -58	2.710.000	29.900	32
21	30- IX -58	2.870.000	199.520	26
22	3- X -58	1.420.000	109.980	17
23	7- X -58	610.000	1.450	0
25	14- X -58	3.600.000	44.000	960
26	17- X -58	1.360.000	378.000	430
27	21- X -58	340.000	3.800	410
31	4- XI -58	2.300.000	38.000	18

ANEJO 2.I

ANEJO 2.2. — Ordenación creciente.

Emisario	Borde interior	Borde exterior
14.600	193	0
340.000	1.450	0
610.000	1.830	0
1.360.000	3.500	0
1.150.000	3.800	0
1.400.000	4.800	8
1.420.000	8.760	20
1.480.000	12.000	17
1.760.000	18.400	18
2.220.000	18.800	26
2.300.000	19.600	32
2.400.000	28.000	410
2.700.000	28.100	430
2.710.000	29.900	960
2.712.000	38.000	1.090
2.870.000	44.000	1.660
3.000.000	91.000	1.700
3.600.000	109.980	2.800
3.700.000	199.500	3.000
3.870.000	355.000	6.400
4.060.000	378.000	16.000
8.750.000		19.000
Sumas. 54.376.600	1.394.613	54.480

Eliminando la cantidad dejada en blanco, se obtienen los resultados que figuran sin tachar.

RESUMEN.

	Máximo	Mínimo	Mediana	Media arit.
Emisario	8.750.000	14.600	2.350.000	2.471.664
Borde interior	378.000	193	19.600	66.410
Borde exterior	19.000	0	221	2.476

Porcentajes de reducción de la colimetría.

Entre	Máximo %	Mediana %	Media arit. %
Emisario y borde exterior	95,7	99,2	97,3
Borde interior y borde exterior	95,0	98,9	96,3

el conjunto forma una masa de agua que actúa como lo haría una masa de agua dulce penetrando en otra salada o dos aguas de distintas densidades: *no se mezclan*. El borde de la mancha queda también definido que desde una barca se puede seguir con la punta de un lápiz afilado.

Cuando interfieren fenómenos extraños, corrien-

tes o vientos fuertes, otros vertidos, etc., el borde se difumina.

Estos extremos quedan aclarados y corroborados en la conclusión V.

III. Visualmente la mancha mantiene un color prácticamente uniforme. La contaminación disminuye del punto de vertido hacia los bordes de la mancha, sin que se haya podido determinar una ley que relacione el porcentaje de reducción de B. Coli presuntivo en función de la distancia; el único medio de efectuar una previsión es el estadístico a base de numerosos ensayos previos.

La contaminación, medida en B. Coli presuntivo, es siempre muy fuerte, por ello en estos estudios se toma como unidad volumétrica de medida el centímetro cúbico en vez de los 100 ml., como es la costumbre.

En el Anejo 2 se efectúa el análisis estadístico de la contaminación perpendicularmente a la playa en el interior y en el borde exterior de la mancha, a base de 31 observaciones efectuadas. Se ve no es fácil determinar ninguna ley, pero que, no obstante en el ancho de la mancha la contaminación sufre una reducción sustancial que puede suponerse superior al 95 por 100. En el borde de la mancha la contaminación sufre una reducción brusca del mismo orden que la anterior, es decir, de otro 95 por 100 y en una distancia prácticamente nula.

IV. A lo largo de la playa y en puntos concretos se han hecho numerosas y sistemáticas observaciones. El estudio del problema, a pesar de ser el más importante desde el punto de vista práctico, no ha podido dar lugar a conclusiones generales por el mismo hecho de que las distancias a los puntos estudiados sean concretas y no relativas como en el apartado anterior.

En el Anejo 3 pueden verse los datos obtenidos analizados estadísticamente.

ANEJO 3. — Contaminación en los puntos A-B-C-D-E. (Colimetría por cm.³). Años 1959-60-61.

Punto	Número de observaciones	Máximo	Mínimo	Mediana
A	72	188.000	0	114
B	70	1.330.000	21	485
C	68	482.000	8	3.065
D	69	76.400	0	360
E	66	402.200	0	140

Veranos de 1959-60-61

A	22	188.000	0	352
B	22	1.330.000	41	1.555
C	22	310.000	64	11.954
D	22	38.000	40	421
E	22	33.700	0	239

V. *Contaminación en profundidad.*— Se ha intentado determinar la distribución de la contaminación en profundidad a base de dos índices: colimetría y salinidad. En diversos puntos de la superficie en el interior de la mancha se han determinado ambos índices a cuatro profundidades en cada una de las verticales; superficie, fondo y dos puntos intermedios. Con objeto de obtener resultados comparables, los índices absolutos se transforman en relativos tomando como unidad el índice en la superficie.

En el Anejo 4 se indican los resultados obtenidos. Evidentemente se debe suponer que la contaminación aumenta con la colimetría y disminuye al aumentar la salinidad.

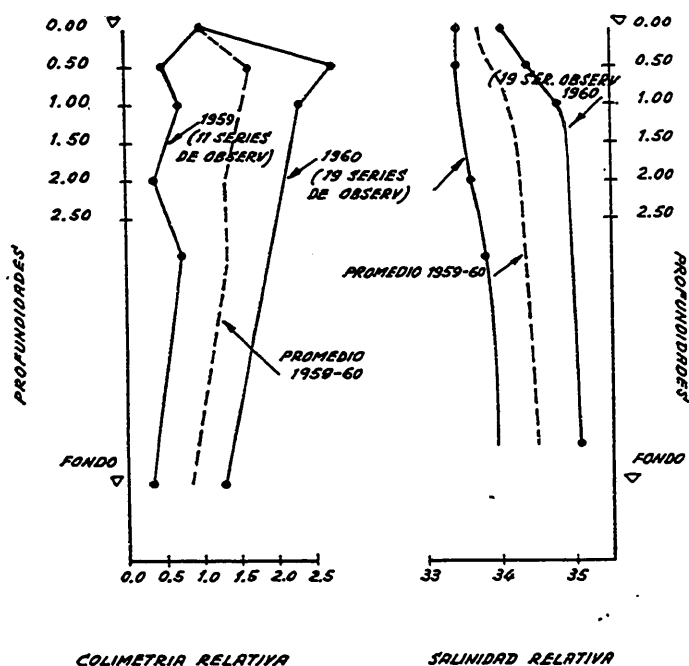
La conclusión que se puede deducir es que, si bien parece que hay una tendencia a una mayor contaminación en la superficie que hacia el fondo, en conjunto el fenómeno no es claro ni las diferencias son grandes. Las aguas vertidas en una playa no se concentran en una capa superficial de espesor definido, como en los vertidos submarinos, sino que sufren una dilución en el origen, que si bien se reduce al alejarse de él, se mantiene relativamente constante en sección vertical, por lo menos en el interior de la mancha. El hecho de que esto sea cierto en los mismos bordes de la mancha parece demostrar que el avance de la contaminación se hace frontalmente en toda la profundidad o calado de agua.

VI. De los ensayos efectuados y que figuran en el citado Anejo 4, no puede deducirse ninguna relación entre la contaminación y la salinidad. Más bien parece deducirse que no hay ninguna, salvo la tendencia común aunque inversa (entre colimetría y salinidad).

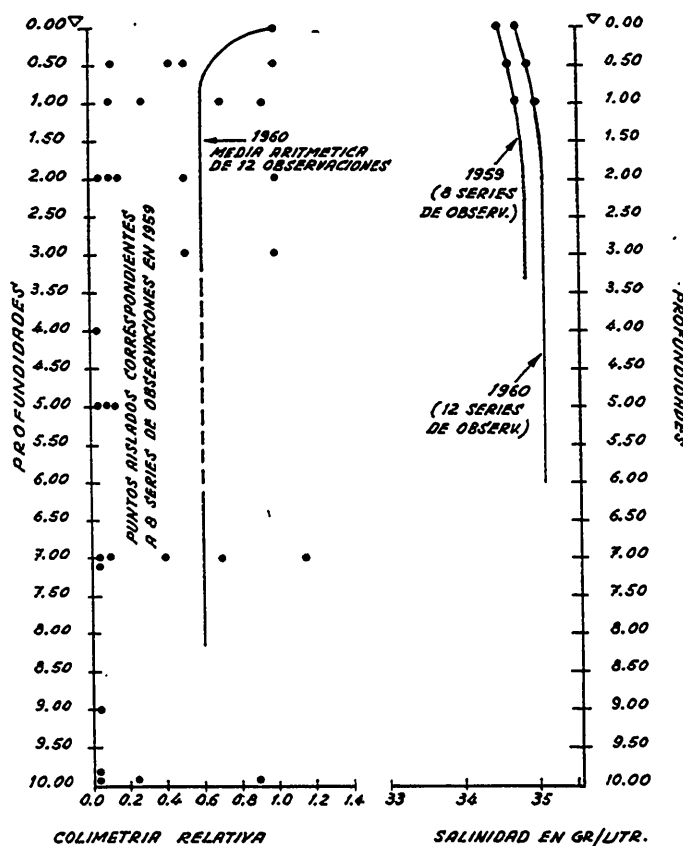
VII. La intensa vida bacteriana en el interior de la mancha es una consecuencia lógica de la abundancia de medios nutritivos que allí se almacenan y que ayudan a la lucha de las bacterias por su supervivencia en un medio que les es indiscutiblemente hostil. Sin embargo, la existencia de importantes cantidades de B. Coli en las aguas limpias de las inmediaciones de la mancha, parecen demostrar que existe una cierta adaptación al medio. Esta vivencia explica la existencia de B. Coli en puntos de agua muy limpia y a grandes distancias de la playa y de las aglomeraciones urbanas.

Así, pues, en aguas de apariencia muy limpia, puede haber un índice relativamente elevado de Coli presuntivo y, en consecuencia, la posibilidad de vivencia de gérmenes patógenos de origen fecal. Sin embargo, la experiencia ha demostrado que el peligro de infección por estas aguas de escasa contaminación es muy relativo. Y en nuestra ciudad nunca se ha podido relacionar la infección tifódica con los baños en agua de mar.

VIII. La influencia de las grandes corrientes generales es escasa en la distribución de la conta-



ANEJO 4.1.— Observaciones profundas centro de la mancha.



ANEJO 4.2.— Observaciones en 1959 dentro de la mancha, cerca del borde; observaciones en 1960, 15 m. hacia dentro de la mancha.

minación en condiciones normales. En general, se limita a alargar la mancha. En nuestro caso concreto se alarga de E. a O. que es el sentido de la gran corriente general que entrando por el Estrecho de Gibraltar lame las costas de Argelia, sube por Italia, vuelve por la Costa Azul y baja por el Levante español. Esta situación se altera por la acción de corrientes locales imprevisibles, o en el caso de temporales de tendencia Sur.

De todas formas es interesante consignar un hecho que puede inducir a errores si no se cuenta con lo que ocurre en realidad: En una mar y con un tiempo relativamente bueno, la mancha que señala la contaminación tiene siempre unos límites definidos. Las corrientes generales, salvo excepciones, tienen escasa velocidad, por consiguiente, en general, se limitarán a deformar la mancha en el sentido de la corriente, pero difícilmente podrían transportar la contaminación a grandes distancias.

Por otro lado, ya se ha visto que los índices utilizados no son un reflejo real del peligro de contaminación; de modo que si a todas estas circunstancias se añade el que para que se efectúe un transporte a gran distancia se precisan corrientes violentas, fuertes temporales o intensivos vientos, se comprenderá que las aguas contaminadas en su origen sufrirán una turbulencia, una dilución y una aireación que proporcionarán muy pocas probabilidades de peligro a zonas alejadas a los desagües.

IX: La influencia de los vientos en las corrientes es indudable, y la relación entre ambos sería de gran utilidad para determinar las segundas en función de los primeros, ya que estos son fáciles de

determinar. Sin embargo, para que el viento tenga influencia en la corriente, ha de actuar en una dirección a lo largo de muchas millas, con lo cual se da lugar a corrientes generales de las que ya se ha hablado. Los vientos locales, sobre todo cuando en el litoral o cerca de él existen poblaciones y macizos montañosos, son de distribución irregular en el espacio y en el tiempo; con ello su efecto principal se limita al transporte de partículas superficiales de agua. El anemómetro que se lleva en la embarcación que efectúa las observaciones, suele señalar vientos que no tienen ningún parecido con los del anemómetro que existe en el puerto contiguo, y ninguno de ambos tiene relación con el existente en el próximo observatorio situado en la montaña litoral.

En consecuencia, aunque para estudios generales y de gran amplitud el enlace entre vientos y corrientes pueda ser de gran interés, en el caso concreto de estudio del efecto producido por los desagües no tendrá, salvo excepciones, un gran valor positivo.

Colaboración.

Los estudios aquí extractados se vienen efectuando desde su comienzo por un equipo constituido por el que suscribe estas notas y por los siguientes especialistas:

Dr. P. Cartañá, bacteriólogo; Dr. F. Hernández, químico; Dr. L. Miravittles, químico; Dr. J. Piñol, bacteriólogo; Dr. J. Suñer, bacteriólogo, y D. J. de la Orden, marino mercante.